

Разработка бункера-дозатора для опушенных посевных семян хлопчатника

В.Г. Ракипов

Акционерное общество «Пахтасаноат илмий маркази»

E-mail: paxtasanoatilm.uz

Аннотация. Рассмотрены теоретические основы для создания нового бункера-дозатора опушенных посевных семян хлопчатника и разработан такой бункер, защищенный патентом Республики Узбекистан. Выведена формула для определения величины расчетной частоты вращения вала бункера дозатора. Такие бункеры-дозаторы вместимостью около 3 тонн выпущены серийно в количестве 54 комплектов и они работают в 29 цехах подготовки опушенных посевных семян хлопчатника Узбекистана.

Ключевые слова: Дозирование опушенных семян хлопчатника, бункер.

Development of a Hopper-Doser for Pubescent Sowing Cotton Seeds

V. Rakipov

Joint Stock Company «Paxtasanoat Ilmiy Markazi»

E-mail: paxtasanoatilm.uz

Annotation. The theoretical foundations for the creation of a new hopper-doser of pubescent sowing cotton seeds are considered, and a hopper protected by a patent of the Republic of Uzbekistan has been developed. The formula for determining the value of the estimated speed of the hopper shaft of the dispenser is derived. Such hopper-dosers with the capacity of about 3 tons were produced serially in the amount of 54 sets and they work in 29 workshops for the preparation of the pubescent sowing cotton seeds in Uzbekistan.

Key words: dosage of pubescent cotton seed, hopper.

ДОЗИРОВАНИЕ ОПУШЕННЫХ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА, БУНКЕР

Для обеспечения требований стандартов [1] опушенные посевные семена хлопчатника в специализированных цехах подвергаются многократной очистке и сортированию, протравливанию, расфасовке и упаковке (рис. 1) [2].

Процессы очистки, сортирования и протравливания требуют определенной равномерности подачи семян с необходимой производительностью. Кроме того, в цехах подготовки посевных семян хлопчатника процесс протравливания семян в целях обеспечения санитарных норм осуществляется, как правило, отдельно от процессов очистки и сортирования, и не всегда синхронно, то есть весьма желательным является промежуточное, пусть даже не длительное, хранение семян перед их протравкой.

Таким образом, в цехах подготовки опушенных посевных семян хлопчатника целесообразно наличие бункера для непрерывного приёма очищенных и отсортированных семян с последующей их равномерной и дозированной подачей на

протравливание, обеспечивая при этом возможность независимой работы двух отсеков в течение нескольких часов.

Некоторые сложности для разработки такого бункера создают физико-механические свойства опушенных семян хлопчатника – такие семена являются плохосыпучими, склонными к залёживанию и сводообразованию.

После изучения многих способов и устройств для приёма и дозированной подачи плохосыпучих материалов выбор был остановлен на схеме, основанной на применении винтовых транспортеров (шнеков).

Материал перемещается в кожухе транспортера по принципу волочения под действием осевой силы винта. Груз удерживается от вращения вместе с винтом силами тяжести и трения между кожухом и грузом. Однако траектории движения частиц груза в винтовом транспортере различны и зависят от частоты вращения винта. Принято различать тихоходные и быстроходные шнеки. Для тихоходных шнеков характерно $\omega < \omega_{кр}$, т. е. действительная угловая скорость (ω) меньше критической ($\omega_{кр}$).

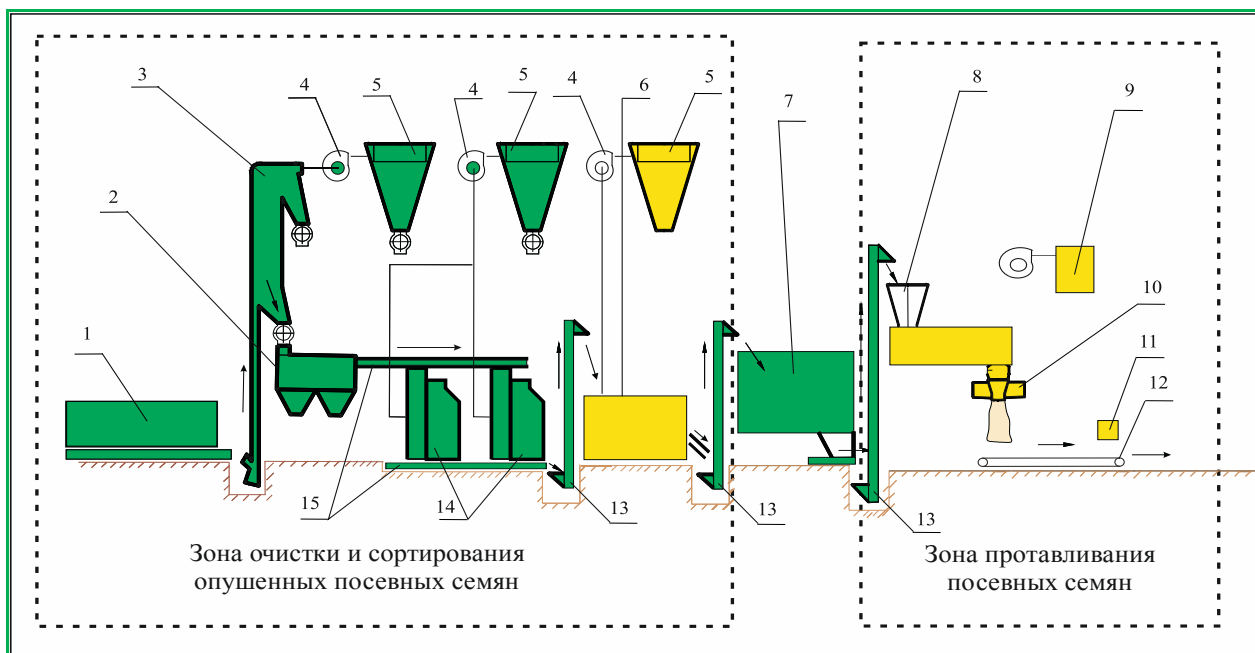
Траектория движения частицы в шнеке «А» (рис. 2 а) определяется соотношением $m\omega^2R < mg$, т. е. частица «А» совершает колебательное движение на переменном радиусе с одновременным осевым перемещением.

В быстроходных винтовых транспортерах (рис. 2 б), соответственно, при $\omega > \omega_{кр}$ и $m\omega^2R > mg$ материал под действием центробежных сил располагается по траектории, описывающей винтовую спираль с шагом « S_M », – меньше шага винта « S ».

Работа винтового транспортера состоит из трех неразрывно связанных и согласованных между собой

основных процессов: загрузки, транспортирования и разгрузки. Поэтому при проектировании винтового транспортера необходимо обеспечить рациональное соотношение производительностей загрузочного $Q_з$, транспортирующего $Q_{тр}$ и разгрузочного $Q_р$ устройства.

При $Q_з > Q_{тр} > Q_р$ повышается расход энергии, истирание и повреждение материала, забой транспортера; в случае $Q_з \leq Q_{тр} \leq Q_р$ – выполняется основное требование и обеспечивается работоспособность транспортера. В этом случае производительность шнека $Q = Q_з$.



1 – устройство приемки семян; 2 – механический очиститель семян; 3 – пневматический сортировщик; 4 – вентилятор; 5 – циклон; 6 – очиститель-сортировщик опушенных семян; 7 – бункер-дозатор опушенных семян; 8 – протравливатель; 9 – устройство очистки загрязненного воздуха; 10 – весовый аппарат; 11 – мешкозашивочная машина; 12 – ленточный конвейер; 13 – элеваторы; 14 – линтеры; 15 – винтовые конвейеры

Рисунок 1 – Схема последовательности установки оборудования в цехе подготовки опушенных посевных семян хлопчатника

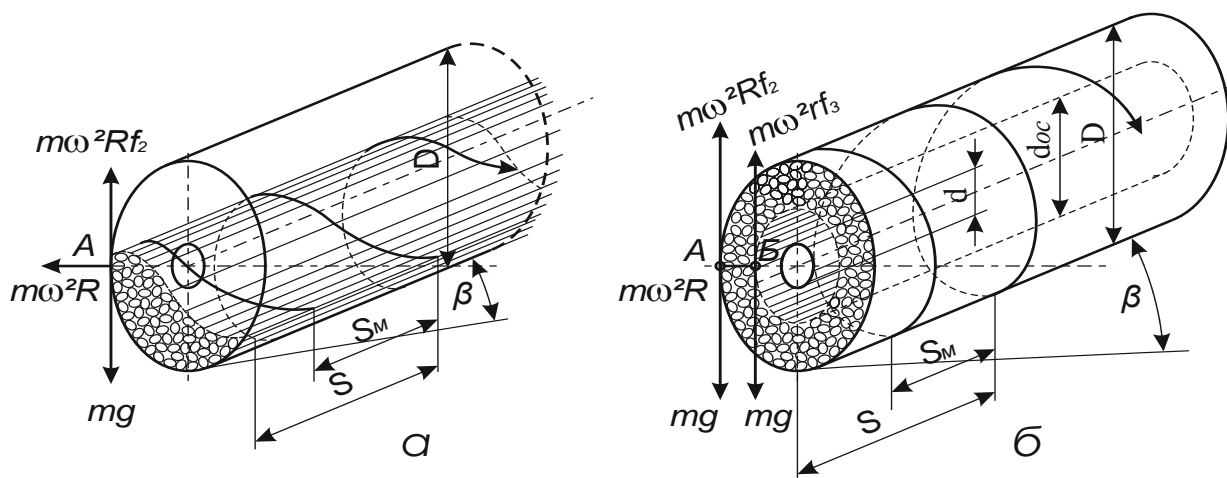


Рисунок 2 – Схема к расчету винтового транспортера

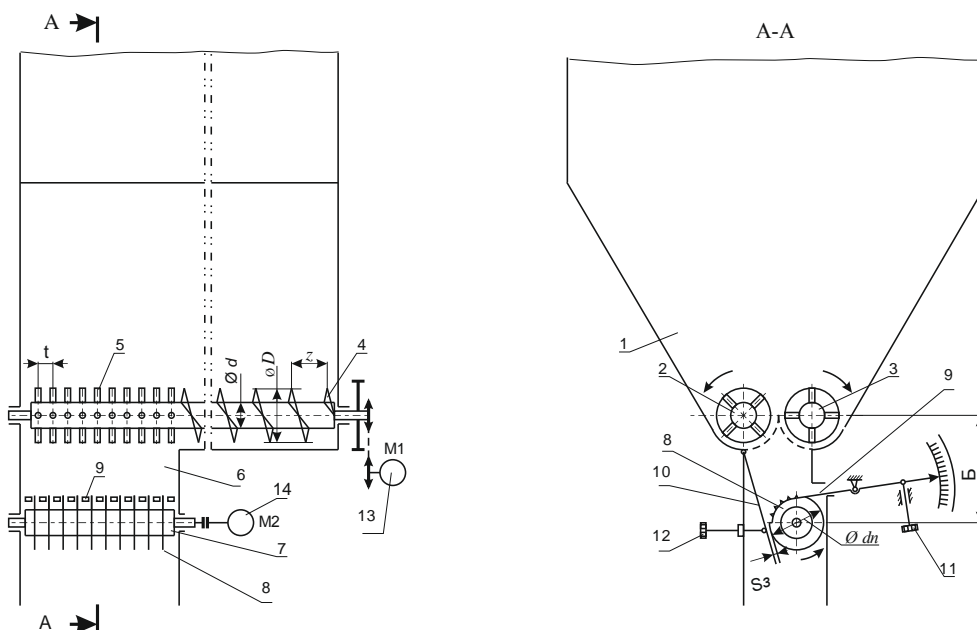
На производительность шнека существенно влияет порядок работы транспортера и конструкция его элементов.

С учетом представленных выше требований, разработан бункер-дозатор, схема которой представлена на рисунке 3 [3]. Этот бункер имеет следующие основные узлы: бункер 1, в котором размещены два комбинированных колково-винтовых вала 2 и 3, первый из которых имеет левое направление винта, а второй – правое. При вращении валов в направлениях, указанных на рисунке 3, семена, находящиеся в бункере, двигаются в сторону выходного патрубка 6.

В качестве дозирующего устройства в бункере-дозаторе выбран пильный цилиндр с пильными дисками. (рис. 4), насаженными на вал с равными

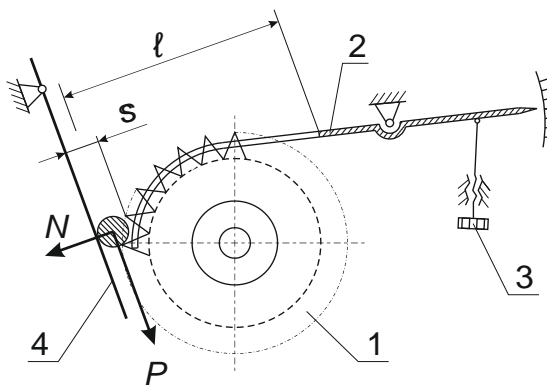
промежутками на нем. Между пилами сверху с не большим зазором входят пальцы гребенки, выполненные из листовой стали.

Пальцы гребенки служат для выполнения двух операций: ограничение паза ячейки снизу для сокращения объема заполнения ячеек с семенами и тем самым регулирование нормы сброса семян из шахты короба в желоб выводного шнека, а также обеспечение благоприятных условий для сброса семян без скапливания в щели между дисками и подвижной стенкой. Дозированный вывод семян из бункера осуществляется путем регулирования частоты вращения пильного цилиндра, регулирования зазоров «S1» и «S2». При этом более «тонкая» и окончательная регулировка дозирования семян осуществляется с помощью регулирования зазора «S2».



1 – бункер для семян, 2 – левый комбинированный вал, 3 – правый комбинированный вал, 4 – перо винта, 5 – колки, 6 – выходной патрубок, 7 – пильный цилиндр, 8 – пилы, 9 – гребенка, 10 – регулируемая пластина, 11 – механизм регулирования утопания колосников в междупильный зазор, 12 – регулятор зазора S₂, 13 – привод комбинированных цилиндров, привод пильного цилиндра

Рисунок 3 – Схема бункера-дозатора



1 – пила, 2 – гребенка, 3 – винт регулировочный

Рисунок 4 – Схема узла дозирования семян

С целью надежного сводоразрушения в бункеро-дозаторе загрузочная камера принята с погружением винта в транспортируемый материал (семена), а для надежного захвата семян при высокой степени заполнения межвиткового пространства принято решение о размещении двух шнеков в днище бункера-дозатора (рис. 3, сечение «А-А»).

Транспортирующая часть шнека состоит из винта и желоба. Процесс транспортирования заключается в непрерывном воздействии винтовой поверхности на перемещаемый материал.

Основные параметры шнека: диаметр по периметру пера винта D и шаг винта S , диаметр вала винта – d , соотношение $K_p = S/D = 0,6 \div 1,25$ [4], частота вращения вала винта – n и угловая скорость ω . Эксплуатационные показатели: дифференциальный коэффициент производительности K_p и коэффициент трения f (с увеличением f производительность снижается). Выбор больших и меньших значений K_p – ведет к снижению производительности. С учетом предварительных расчетов нами приняты: $D = 200$ мм, шаг витков $S = 120$ мм, отношение $K_p = P/D = 120/200 = 0,6$.

При движении материальной частицы в шнеке на нее действуют: сила тяжести mg ; сила трения о винт $f_1 mg$, увлекающая ее во вращение; давление смежных частиц $Kf_1 mg$ (K – коэффициент пропорциональности); центробежная сила $m\omega^2 R$, прижимающая ее к кожуху; сила трения о кожух $f_2 m\omega^2 R$, тормозящая вращение частиц вместе с винтом и силы внутреннего трения частиц.

Суммарное воздействие этих сил приводит к проскальзыванию частицы по винтовой поверхности ($\omega_m < \omega$) и осевому смещению ее, т. е. транспортированию.

Критические угловые скорости (рис.2) для точек «А» и «Б» определяют из уравнения равновесия сил в проекции на оси $x - x$.

$$mgsina + mgf_1 cosa + f_1 f_2 m\omega^2 R sina - f_2 m\omega^2 R cosa = 0, \quad (1)$$

$$mgsina_{oc} - f_1 mgcosa_{oc} - f_3 m\omega^2 Roc = 0, \quad (2)$$

где f_1, f_2, f_3 – соответственно, коэффициенты трения материала о винт, кожух и материал;

R_{oc}, d_{oc} и α_{oc} – соответственно, радиус, диаметр и угол осыпания, при которых транспортирование невозможно.

После преобразования получаем соответственно для наружной «А» и внутренней «Б» точек значения критических угловых скоростей:

$$\omega_{KA} = \sqrt{\frac{2g * tg(\alpha + \varphi_1)}{D f_2}}, \quad (3)$$

$$\omega_{KB} = \sqrt{\frac{2g * \sin(\alpha_{oc} - \varphi_1)}{d_{oc} * f_3 * \cos \varphi_1}}. \quad (4)$$

Рабочая частота вращения винта быстроходных шнеков обычно в несколько раз больше критической:

$$n > n_k = \frac{30\omega_k}{\pi}. \quad (5)$$

Ее выбирают по таблице. Для тихоходных шнеков:

$$n \leq n_k = \frac{K_t}{\sqrt{D}}, \quad (6)$$

где $K_t = 65 - 50$ – для легкого материала (семена, сечка и т. п.)

Принимая $K_t = 60$, определим максимальное число оборотов комбинированного вала:

$$n_{ком} = \frac{K_t}{\sqrt{D_k}} = \frac{60}{\sqrt{0,2}} = 134,2 \frac{об}{мин}. \quad (7)$$

В первом приближении максимальная угловая скорость комбинированных валов будет равна 14,05 рад/сек.

Осевая скорость материала – V_p , т. е. скорость транспортирования, зависит от окружной скорости

$$V = \pi * D * n / 60 = V_{pt} / tg \alpha \quad (8)$$

и теоретической осевой скорости

$$V_{pt} = \frac{S * n}{60}, \quad (9)$$

при которой частица «А» перемещается без вращения. Для комбинированных валов

$$V_{pt} = \frac{S * n}{60} = \frac{0,12 * 134,2}{60} = 0,27 \frac{м}{с}. \quad (10)$$

На рисунке 5 приведена схема для определения осевой скорости частицы, движущейся в рассматриваемом транспортере, согласно которой теоретическая абсолютная скорость частицы

$$AN = Vst \cos \alpha, \quad (11)$$

та же скорость с учетом трения частицы о винт

$$AH = \frac{AN}{\cos \varphi_1}, \quad (12)$$

$$Vs = (AH) * \cos(\alpha + \varphi_1). \quad (13)$$

После подстановки необходимых значений и преобразования получим:

$$Vs = K_V * Vst = K_V * \frac{S * n}{60}, \quad (14)$$

где $K_V = 1 - \frac{V_M}{n}$, V_M и n окружная скорость и частота вращения материала.

$K_V = 9 \dots 0,6$ [5], где большее значение принимают для быстроходных шнеков, а меньшее – для тихоходных. Максимальная скорость для комбинированного вала будет равна

$$Vsk = K_V * \frac{S * n}{60} = 0,6 * \frac{0,12 * 134,2}{60} = 0,162 \frac{м}{с}$$

Теоретическая производительность шнека в общем виде определяется по формуле [4]:

$$Qt = 3600 \times \gamma \times Fc \times Vs, \quad (15)$$

где Fc – площадь поперечного сечения потока;
 Vs – осевая скорость материала;
 γ – плотность материала, для хлопковых семян $\gamma = 0,3 \div 0,35 \text{ т/м}^3$.

На процесс транспортирования шнеком влияют: частота вращения, угол наклона шнека, устройство и способы загрузки и разгрузки.

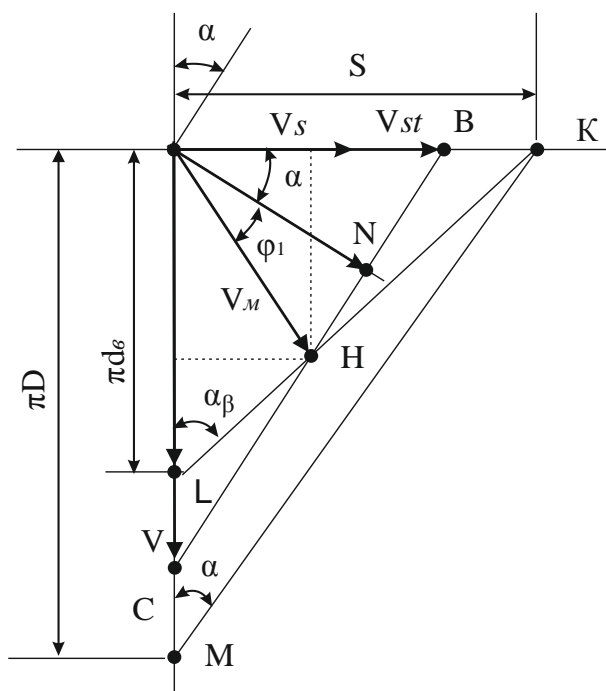


Рисунок 5 – Схема к определению осевой скорости частицы

Действительный объем материала на длине одного шага:

$$Vd = A \times S = K_v \times V, \quad (16)$$

где $V = 0,25 \times (D^2 - d_b^2) \times S$,
 $K_v = 0,2 - 0,7$ – коэффициент использования межвиткового объема.

Определив скорость Vs и подставив ее и другие коэффициенты в формулу (15), получим:

$$Q = 60 \times K_n \times Rg \times \gamma \times V \times n \quad (17)$$

где $K_n = K_3 \times K_p \times K_v \times K_\mu$ – дифференциальный коэффициент производительности.

Пренебрегая за малостью для начальных расчетов влиянием диаметра вала и учитывая, что $S = \psi D$, получим:

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{47 \times K_n \times \psi \times n \times \gamma}}. \quad (18)$$

Таким образом из уравнения (18) можем получить формулу расчета величины необходимой частоты вращения вала винта:

$$n = \frac{Q}{D^3 \times 47 \times K_n \times \psi \times \gamma}. \quad (19)$$

Пользуясь формулой (19), можем определить, например, для случая, когда максимальное значение производительности бункера-дозатора 6 т/ч, учитывая, а в его днище находится два шнека и расчетная производительность для одного шнека $Q_p = 6/2 = 3,0 \text{ т/ч}$, что потребное количество оборотов комбинированного вала бункера-дозатора будет равна:

$$n_n = \frac{Q_p}{D^3 \times 47 \times K_n \times \psi \times \gamma} = \frac{3}{0,2^3 \times 47 \times 2 \times 0,6 \times 0,35} = 18,9 \text{ об/мин.}$$

Другие геометрические параметры бункера-дозатора определены расчетным путем с учетом необходимой вместимости – около 3 тонн опушенных семян хлопчатника. Такие бункеры-дозаторы выпущены серийно в количестве 54 комплектов. Им присвоена марка БДОС (бункер-дозатор опушенных семян) и они работают в 29 цехах подготовки опушенных посевных семян хлопчатника Узбекистана. При необходимости в каждом случае можно устанавливать по несколько экземпляров. В цехах подготовки посевных семян в Узбекистане, как правило, устанавливается по 2 бункера-дозатора.

Результаты данной работы могут быть использованы при разработке бункеров-дозаторов для других плохосыпучих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. O`DSt 663–2017 «Семена хлопчатника посевные. Технические условия». Государственный стандарт Республики Узбекистан. Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации. – Ташкент, 2017.
2. Rakiyov, V. G. «Peculiarities of processing seed raw-cotton and preparation of cotton seeds in Uzbekistan» / V. G. Rakiyov // Digest of scientific and technical achievements in the realm of cotton industry of the republic of Uzbekistan (dedicated to the 76th plenary meeting of the International cotton advisory committee and to the 90th anniversary of scientific-research center of cotton industry «Pakhtasanoat ilmiy Markazi» jsc), October 23–27th 2017. – Tashkent, 2017. – P. 74–79.
3. Бункер-дозатор опушенных семян хлопчатника : пат. UZ № IAP 01654. / В. В. Дьячков, Э. Т. Максудов, В. Г. Ракипов, Т. Камиллов, В. Х. Туйчиев. – Опул. 2005.
4. Подъемно-транспортные машины / В. В. Красников [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 320 с.

REFERENCES

1. O`DSt 663–2017 «Cotton seeds in sowing. Technical conditions». State standard of the Republic of Uzbekistan. Uzbek Agency for Standardization, Metrology and Certification. – Tashkent, 2017
2. Rakipov, V. G. «Peculiarities of processing seed raw-cotton and preparation of cotton seeds in Uzbekistan» / V. G. Rakipov // Digest of scientific and technical achievements in the realm of cotton industry of the republic of Uzbekistan (dedicated to the 76th plenary meeting of the International cotton advisory committee and to the 90th anniversary of scientific-research center of cotton industry «Pakhtasanoat ilmiy Markazi» jsc), October 23-27th 2017. – Tashkent, 2017. – P. 74–79.
3. Metering bunker for pubescent cotton seeds: Pat. UZ No. IAP 01654. / V. V. Dyachkov, E. T. Maksudov, V. G. Rakipov, T. Kamilov, V. H. Tujchiev. - Publ. 2005.
4. Hoisting-and-transport machines / V.V. Krasnikov [et al.]. – Moscow: Agropromizdat, 1987. – 320 p.

SPISOK LITERATURY

1. O`DSt 663–2017 «Semena hlochatnika posevnye. Tehnicheskie uslovija». Gosudarstvennyj standart Respubliki Uzbekistan. Uzbekskoe agentstvo standartizacii, metrologii i sertifikacii. – Tashkent, 2017.
2. Rakipov, V. G. «Peculiarities of processing seed raw-cotton and preparation of cotton seeds in Uzbekistan» / V. G. Rakipov // Digest of scientific and technical achievements in the realm of cotton industry of the republic of Uzbekistan (dedicated to the 76th plenary meeting of the International cotton advisory committee and to the 90th anniversary of scientific-research center of cotton industry “Pakhtasanoat ilmiy Markazi” jsc), October 23-27th 2017. – Tashkent, 2017. – P. 74–79.
3. Bunker-dozator opushennyh semjan hlochatnika : pat. UZ № IAP 01654. / V. V. D`jachkov, Je. T. Maksudov, V. G. Rakipov, T. Kamilov, V. H. Tujchiev. – Opubl. 2005.
4. Podemno-transportnye mashiny / V. V. Krasnikov [i dr.]. – Moskva : Agropromizdat, 1987. – 320 s.

Статья поступила в редакцию 10.02.2018